

**Dispositif de déplacement d'une barre de commande d'un réacteur nucléaire à eau sous pression et procédé de montage du dispositif sur un couvercle de cuve**

L'invention concerne un dispositif de déplacement d'une barre de commande d'un réacteur nucléaire à eau sous pression et un procédé de montage du dispositif sur un couvercle de cuve.

Les réacteurs nucléaires à eau sous pression comportent généralement une cuve de forme globale cylindrique disposée avec son axe vertical renfermant le cœur du réacteur nucléaire constitué par des assemblages de forme prismatique droite juxtaposés et placés avec leur axe parallèle à l'axe de la cuve. La cuve comporte une extrémité supérieure qui est fermée par un couvercle amovible généralement de forme hémisphérique qui est fixé sur la cuve de manière étanche à l'eau de refroidissement du réacteur nucléaire à haute pression et à haute température qui remplit la cuve pendant le fonctionnement du réacteur nucléaire.

De manière à régler la réactivité du cœur pendant le fonctionnement du réacteur nucléaire, on déplace, à l'intérieur de certains des assemblages du cœur, dans la direction axiale verticale des assemblages, des barres de commande constituées par des grappes de crayons en matériau absorbant les neutrons. Le déplacement de chacune des barres de commande à l'intérieur du cœur du réacteur nucléaire, pour régler la réactivité du cœur, est réalisé par un dispositif de déplacement permettant d'obtenir des déplacements et un positionnement précis de la barre de commande suivant la hauteur du cœur.

Chacun des dispositifs de déplacement d'une barre de commande comporte une tige de commande de grande longueur (supérieure à la hauteur du cœur qui est elle-même généralement supérieure à 4 m) qui comporte, à l'une de ses extrémités longitudinales axiales, des moyens amovibles de fixation sur la partie supérieure d'une barre de commande et suivant sa longueur, sur sa surface latérale externe, des gorges régulièrement espacées suivant la direction axiale de la tige de commande définissant une denture pour l'engagement de cliquets de maintien et de déplacement de mécanismes du dispositif de déplacement.

nismes comporte, à son extrémité destinée à être assemblée à l'adaptateur, un alésage taraudé correspondant à la partie filetée de l'adaptateur, de manière que le carter des mécanismes soit engagé par vissage sur la partie d'extrémité de l'adaptateur, dans une disposition parfaitement coaxiale à l'adaptateur. L'étanchéité entre l'adaptateur et le carter des mécanismes est assurée par des lèvres en forme de portions de tore ou de cylindre solidaires de la surface extérieure de l'adaptateur et du carter des mécanismes dans leur partie venant en engagement l'une avec l'autre, les lèvres d'étanchéité comportant chacune une surface d'extrémité libre annulaire dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'adaptateur ou du carter des mécanismes.

Les deux surfaces d'extrémité libres des lèvres d'étanchéité viennent en vis-à-vis l'une de l'autre, à l'issue du vissage du carter des mécanismes sur la partie d'extrémité de l'adaptateur. L'étanchéité de la liaison est assurée par soudure des deux lèvres d'étanchéité au niveau de leurs surfaces libres annulaires en vis-à-vis en réalisant un joint de soudure annulaire dans une direction perpendiculaire à l'axe commun à l'adaptateur et au carter des mécanismes.

La gaine tubulaire dont la première extrémité est fermée généralement par un bouchon engagé et fixé sur la gaine par soudure comporte, à une seconde extrémité axiale ouverte d'engagement et de fixation sur le carter, une partie d'extrémité filetée sur sa surface extérieure destinée à être assemblée par vissage avec une partie d'alésage taraudé à l'extrémité correspondante du carter opposée à son extrémité reliée au tube adaptateur. Après vissage de l'extrémité de la gaine tubulaire dans l'extrémité correspondante du carter des mécanismes, on réalise l'étanchéité entre ces deux éléments par soudage de surfaces en vis-à-vis d'une lèvre d'étanchéité solidaire de la surface extérieure du carter des mécanismes et d'une lèvre d'étanchéité solidaire de la surface extérieure de la gaine tubulaire. Les lèvres d'étanchéité ont une paroi en forme de portion de tore et les surfaces de jonction des deux lèvres d'étanchéité venant en vis-à-vis après vissage de la gaine tubulaire dans le carter des mécanismes sont des surfaces cylindriques ayant pour axe l'axe commun à la gaine tubulaire et au carter. Le soudage des deux lèvres d'étanchéité l'une sur l'autre peut être réalisé avec

usine, lors du montage et de la fixation du tube adaptateur sur le couvercle de cuve.

5 Le montage de la gaine tubulaire sur le carter des mécanismes qui est effectué comme décrit précédemment peut être réalisé en usine avec une réalisation soignée et un contrôle du joint OMEGA.

10 Comme décrit dans la demande de brevet japonais JP-10-319164, pour éviter l'utilisation d'un joint d'étanchéité de type OMEGA entre la gaine tubulaire et le carter des mécanismes, on a proposé de joindre par soudure bout à bout la gaine tubulaire et le carter des mécanismes.

15 En effet, il est apparu, dans le cadre de la fabrication de couvercles de cuve en usine, que la réalisation de joints OMEGA de qualité parfaite susceptibles de résister à la corrosion par de l'eau sous pression du réacteur nucléaire mélangée à de l'air nécessitait des opérations plus complexes d'usinage et de soudage qu'un assemblage par soudure bout à bout de la gaine tubulaire et du carter des mécanismes.

20 Un tel procédé avec soudage bout à bout des gaines sur les carters nécessite de réaliser le montage en usine des couvercles de cuve complets qui présentent, à l'issue de leur fabrication, une très grande hauteur. Les opérations de transport sur site et d'introduction d'un couvercle complet dans le bâtiment d'un réacteur, aussi bien lors de la construction d'un réacteur neuf que pour le remplacement d'un couvercle de cuve est une opération complexe.

25 En outre, dans le cas où l'on désire effectuer sur site une réparation d'un dispositif de déplacement d'une barre de commande, il peut être nécessaire de démonter la gaine tubulaire du dispositif de déplacement et de remettre en place, à l'issue de la réparation des mécanismes, une gaine tubulaire dans une disposition parfaite par rapport au carter de mécanisme, ce qui nécessite des opérations très complexes pour réaliser un bon alignement axial de la gaine tubulaire et du carter et un assemblage bout à bout suivant deux sections horizontales parfaitement en vis-à-vis. En outre, le soudage doit être réalisé avec une électrode de soudage en position sensiblement horizontale.

chéité en forme de portion de tore entourant la surface externe de la gaine et correspondant à la lèvre d'étanchéité du carter des mécanismes, ayant une extrémité libre de jonction cylindrique ayant pour axe l'axe de la gaine, les lèvres d'étanchéité du carter et de la gaine ayant leurs extrémités libres en vis-à-vis après vissage de la gaine dans le carter et étant soudées l'une sur l'autre suivant un cordon de soudure annulaire en métal d'apport coaxial au carter et à la gaine ayant une profondeur dans une direction parallèle à l'axe et une largeur dans une direction perpendiculaire à l'axe sensiblement constantes sur toute la circonférence du cordon de soudure.

10 Suivant des caractéristiques plus particulières prises isolément ou en combinaison :

- l'adaptateur de forme tubulaire et le carter des mécanismes sont soudés bout à bout dans une disposition coaxiale pour constituer un carter intégré fixé sur le couvercle de cuve par l'intermédiaire du tube adaptateur,
- 15 le tube adaptateur est en alliage de nickel et le carter des mécanismes en acier inoxydable,
- la gaine tubulaire est en acier inoxydable, et les lèvres d'étanchéité du carter intégré et de la gaine tubulaire réalisées en une seule pièce, respectivement avec le carter et la gaine tubulaire sont en acier inoxydable.

20 L'invention est également relative à un procédé de montage d'un dispositif de déplacement d'une barre de commande de la réactivité dans le cœur d'un réacteur nucléaire refroidi par de l'eau sous pression à l'intérieur d'une cuve renfermant le cœur du réacteur fermée par un couvercle de cuve, comportant une tige de commande munie de moyens de fixation de la 25 barre de commande à une extrémité axiale, des moyens électromécaniques de déplacement de la tige de commande dans une direction axiale et une enceinte étanche fixée sur le couvercle de cuve suivant une ouverture de traversée comportant un tube adaptateur fixé par soudure dans l'ouverture du couvercle de cuve et un carter de mécanismes, tubulaire, solidaire de l'adaptateur sur lequel sont montés les moyens électromécaniques de déplacement de la tige de commande et une gaine tubulaire permettant le déplacement axial de la tige de commande entre deux positions extrêmes, fermée à une première extrémité et ouverte à une seconde extrémité, le car-

La figure 2 est une vue partielle en coupe d'un couvercle de cuve et d'enceintes étanches de dispositifs de déplacement de barres de commande suivant l'invention.

La figure 3 est une vue agrandie du détail 3 de la figure 2.

5 La figure 4 est une vue en coupe axiale d'un carter de mécanismes intégré d'un dispositif de déplacement suivant l'invention.

10 La figure 5 est une vue en coupe agrandie des lèvres d'étanchéité du carter de mécanismes et de la gaine tubulaire d'un dispositif de déplacement suivant l'invention pendant une opération de réalisation de la soudure d'étanchéité.

Sur la figure 1, on voit un dispositif de déplacement de barres de commande d'un réacteur nucléaire à eau sous pression désigné de manière générale par le repère 1.

15 Le dispositif de déplacement 1 représenté sur la figure 1 est réalisé suivant un art antérieur décrit ci-dessus et a été représenté dans une position de montage sur un tube adaptateur 2 fixé dans une ouverture traversante d'un couvercle d'une cuve d'un réacteur nucléaire à eau sous pression. L'adaptateur 2 constitue la partie inférieure de l'enceinte étanche du dispositif de déplacement 1 qui comporte de plus un carter 3 et une gaine 20 tubulaire 4.

L'adaptateur 2, le carter 3 et la gaine 4 réalisés sous forme tubulaire sont assemblés dans des dispositions coaxiales et dans le prolongement axial l'un de l'autre.

25 Le carter de mécanismes 3 porte trois bobinages magnétiques 5a, 5b et 5c pour la commande de mécanismes contenus dans le carter de mécanismes 3 permettant le déplacement d'une tige de commande 6 dans la direction axiale commune à l'adaptateur et au carter et à la gaine tubulaire. La tige de commande 6 comporte à son extrémité axiale inférieure un moyen 6a de fixation d'une barre de commande du réacteur nucléaire. La surface 30 latérale de la tige de commande 6 comporte des gorges définissant une denture 8 pour le déplacement pas à pas de la tige de commande actionnée par les mécanismes contenus dans le carter 3. Les mécanismes comportent en particulier un cliquet de maintien 7a et un cliquet de transfert 7b com-

cate, du fait de la position des surfaces à souder, de la faible épaisseur des lèvres d'étanchéité et de la réalisation de l'adaptateur et du carter de mécanismes 3 en des matériaux différents (alliage de nickel pour l'adaptateur et, généralement, acier inoxydable 304 pour le carter de mécanismes 3).

5 En outre, il n'a pas été possible jusqu'ici de réaliser, dans le cas d'une réparation sur site des mécanismes d'une barre de commande, la soudure d'étanchéité 9 des lèvres 3b du carter de mécanismes 3 et 4b de la gaine tubulaire 4 dans des conditions parfaites et en garantissant la présence d'aucun défaut. En particulier, il est difficile de garantir une bonne pénétration et une épaisseur constante de la soudure suivant toute l'épaisseur des lèvres d'étanchéité et suivant toute la périphérie du joint soudé 9.

10 15 De manière à remédier à ces défauts, en particulier dans le cas d'une réparation sur site d'un couvercle de cuve ou d'un remplacement de couvercle de cuve, on réalise les enveloppes étanches des dispositifs de déplacement de barres de commande, comme représenté sur la figure 2.

Sur la figure 2, on a représenté le couvercle 10 de la cuve d'un réacteur nucléaire refroidi par de l'eau sous pression sur lequel sont fixées des enveloppes étanches de dispositifs de déplacement de barres de commande.

20 25 Le couvercle 10 comporte une bride 10a de forte épaisseur qui est traversée par des ouvertures 11 de passage de goujons de fixation du couvercle 10 sur une bride d'extrémité supérieure d'une cuve de réacteur nucléaire. Le couvercle 10 comporte une partie bombée centrale 10b en forme de calotte sphérique qui est traversée par des ouvertures telles que 9a et 9b dans la direction de l'axe 10' du couvercle de la cuve qui est destiné à être fixé en position centrée sur l'extrémité supérieure de la cuve, de sorte que l'axe 10' du couvercle est disposé suivant l'axe vertical de la cuve en position de service.

30 Le couvercle de la cuve est traversé par de nombreuses ouvertures dans chacune desquelles est fixée une enceinte étanche d'un dispositif de déplacement de barres de commande présentant la forme générale et les fonctions décrites plus haut.

Le tube adaptateur 12 est engagé et fixé par soudure dans une ouverture traversante du couvercle de la cuve, de manière que l'axe 16 du carter intégré soit parallèle à l'axe 10' du couvercle de cuve.

5 Pour compléter le montage du dispositif de déplacement de barres de commande, on met en place, à l'intérieur du carter intégré 15, dans sa partie inférieure, une manchette thermique 17 puis les mécanismes à l'intérieur de l'alésage de la partie supérieure 13a du carter intégré 15. La partie supérieure 13a du carter intégré est usinée de manière à recevoir les bobinages des mécanismes sur sa surface extérieure.

10 A sa partie supérieure, le carter intégré comporte une partie taraudée 13c qui est destinée à recevoir une partie filetée inférieure de la gaine tubulaire 14 qui est vissée dans une disposition coaxiale à l'intérieur du carter intégré, comme représenté sur la figure 2.

15 Comme il est visible sur la figure 3, après qu'on a réalisé le vissage de la partie inférieure filetée de la gaine tubulaire 14 dans la partie d'extrémité supérieure 13c de la gaine tubulaire, une lèvre d'étanchéité en forme de portion de tore 14b réalisée sur la surface extérieure de la gaine tubulaire, au-dessus de sa partie filetée 14a d'engagement par vissage dans le carter intégré vient en vis-à-vis d'une lèvre en forme de portion de tore 13d prévue 20 sur la partie supérieure du carter intégré, au-dessus de la partie taraudée 13c.

Une jonction étanche entre la gaine tubulaire 14 et le carter 13 est assurée par un cordon de soudure annulaire 18 joignant les deux bords en vis-à-vis des lèvres en forme de portions de tore 14b et 13d.

25 L'extrémité supérieure de la gaine tubulaire 14 est fermée par un bouchon 19 comportant un anneau de levage qui est vissé dans une partie d'extrémité taraudée de la gaine 14.

Après vissage de la gaine tubulaire 14 dans la partie taraudée 13c du carter intégré 15 qui est fixé sur un couvercle de cuve, on doit réaliser in situ 30 le cordon de soudure 18 assurant l'étanchéité entre les lèvres 13d et 14b.

Cette opération peut être réalisée soit en usine, lors de la fabrication d'un couvercle, soit sur site, dans le cas d'un remplacement d'un couvercle de cuve d'un réacteur nucléaire. Dans ce cas, on peut transporter entre

pond à peu près à un quart de cercle. En outre, les lèvres 14b et 13d sont réalisées de manière qu'il subsiste un espace annulaire de largeur l entre les surfaces libres d'extrémité en vis-à-vis 14'b et 13'd des lèvres toriques, lorsque le carter intégré 13 et la gaine tubulaire 14 ont été assemblés par visage.

Le joint de soudure 18 est réalisé en mettant en place, entre les surfaces libres en vis-à-vis 14'b et 13'd des lèvres d'étanchéité, une pièce annulaire 21 en un métal compatible métallurgiquement avec le métal des lèvres 14b et 13d et en réalisant, à l'aide d'une électrode 22 d'une machine de soudage orbital automatique, la fusion de la pièce 21 en métal d'apport et l'échauffement de parties des lèvres 14b et 13d en contact avec la pièce 21 pour réaliser une bonne liaison métallurgique.

Comme représenté sur la figure 6, la section de la pièce annulaire 21 en métal d'apport peut présenter avantageusement une partie de largeur l venant s'engager pratiquement sans jeu entre les lèvres à joindre par soudage et une partie élargie pour assurer le maintien de la pièce au-dessus des lèvres dont on réalise le soudage. A l'issue de l'opération de soudage, les lèvres d'étanchéité 14b et 13d et le joint de soudage 18 constituent un joint de type OMEGA d'une qualité parfaite, lorsqu'on utilise une machine de soudage orbital automatique dont les conditions de soudage ont été déterminées préalablement par étalonnage sur des échantillons.

Le joint 21 est en métal d'apport utilisé généralement pour la soudure des aciers inoxydables et l'électrode 22 est une électrode en tungstène d'une machine de soudage TIG orbital, la fusion du métal d'apport 21 étant réalisé en atmosphère de gaz inerte.

La machine de soudage comporte des moyens de guidage de la tête de soudage comportant l'électrode 22 qui peuvent être engagés autour de la gaine tubulaire et de la partie supérieure du carter intégré, grâce à des moyens de support particuliers.

Les paramètres de soudage qui sont préréglés comportent en particulier la vitesse de déplacement orbital de l'électrode 22 en tungstène, la tension et le courant de soudage et la distance de la pointe de l'électrode à la surface supérieure de la pièce annulaire 21 en métal d'apport.

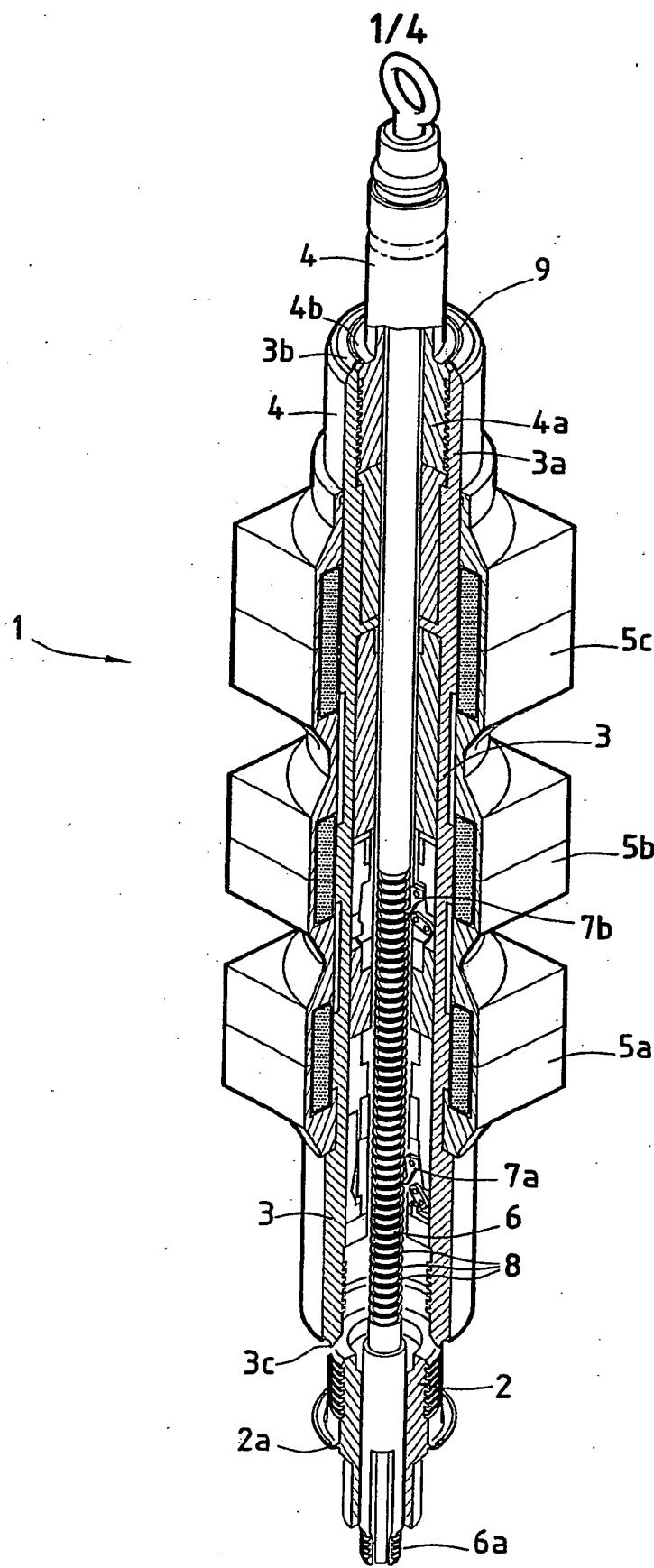
REVENDICATIONS

1.-Dispositif de déplacement d'une barre de commande de la réactivité dans le cœur d'un réacteur nucléaire refroidi par de l'eau sous pression à l'intérieur d'une cuve renfermant le cœur du réacteur fermée par un couvercle de cuve (10), comportant une tige de commande (6) munie de moyens de fixation (6a) de la barre de commande à une extrémité axiale, des moyens électromécaniques (5a, 5b, 5c ; 7a, 7b) de déplacement de la tige de commande (6) dans une direction axiale et une enceinte étanche fixée sur le couvercle de cuve (10) suivant une ouverture de traversée (9a, 9b) comportant un tube adaptateur (12) fixé par soudure dans l'ouverture (9a, 9b) du couvercle de cuve (10) et un carter des mécanismes (13), tubulaire, relié à l'adaptateur (12) sur lequel sont montés les moyens électromécaniques (5a, 5b, 5c ; 7a, 7b) de déplacement de la tige de commande (6) et une gaine tubulaire (14) permettant le déplacement axial de la tige de commande entre deux positions extrêmes, fermée à une première extrémité et ouverte à une seconde extrémité, fixée dans le prolongement axial du carter (13) vers l'extérieur, par sa seconde extrémité ouverte, caractérisé par le fait que l'adaptateur (12) et le carter des mécanismes (13) sont réalisés en une seule pièce (15), que le carter (13) comporte, à une extrémité axiale opposée à l'adaptateur (12), un taraudage interne (13c) et une lèvre d'étanchéité (13d) en forme de portion de tore entourant le carter (13) et réalisée dans sa surface externe ayant une surface libre de jonction (13'd) cylindrique ayant pour axe l'axe du carter (13), et que la gaine tubulaire (14) comporte, à sa seconde extrémité ouverte, un filetage (14a) correspondant au taraudage (13c) du carter (13) pour sa fixation par vissage dans une position coaxiale dans le carter (13) et une lèvre d'étanchéité (14b) en forme de portion de tore de dimensions correspondantes à celles de la lèvre d'étanchéité (13d) du carter (13) ayant une surface d'extrémité libre de jonction cylindrique (14'b) ayant pour axe l'axe de la gaine, les lèvres d'étanchéité (13c) du carter (13) et (14b) de la gaine (14) ayant leurs extrémités libres en vis-à-vis après vissage de la gaine (14) dans le carter (13) et étant soudées l'une sur l'autre, suivant un cordon de soudure (18) annulaire en métal d'apport coaxial au carter (13) et à la gaine (14) de profondeur dans une direction

longement axial du carter (13) vers l'extérieur, à sa seconde extrémité ouverte, caractérisé par le fait qu'on réalise le montage et la fixation par soudage dans une ouverture traversante (9a, 9b) du couvercle de cuve (10) d'un carter intégré (15) comportant l'adaptateur (12) et le carter des mécanismes (13) en une seule pièce, qu'on réalise le vissage de la gaine tubulaire par sa seconde partie d'extrémité filetée (14a) dans la partie taraudée (13c) de l'extrémité du carter intégré (15), de manière à placer en vis-à-vis des surfaces d'extrémité de raccordement cylindriques ayant pour axe un axe commun (16) du carter intégré (15) et de la gaine tubulaire (14) en position assemblée, d'une première lèvre d'étanchéité (13d) solidaire du carter intégré (15) et d'une seconde lèvre d'étanchéité (14b) solidaire de la gaine tubulaire (14), et qu'on réalise une jonction étanche des lèvres d'étanchéité (13d, 14b) par un joint de soudure (18) annulaire par soudage orbital automatique, avec fusion d'une pièce annulaire (21) en métal d'apport intercalée entre les surfaces d'extrémité de raccordement des lèvres d'étanchéité.

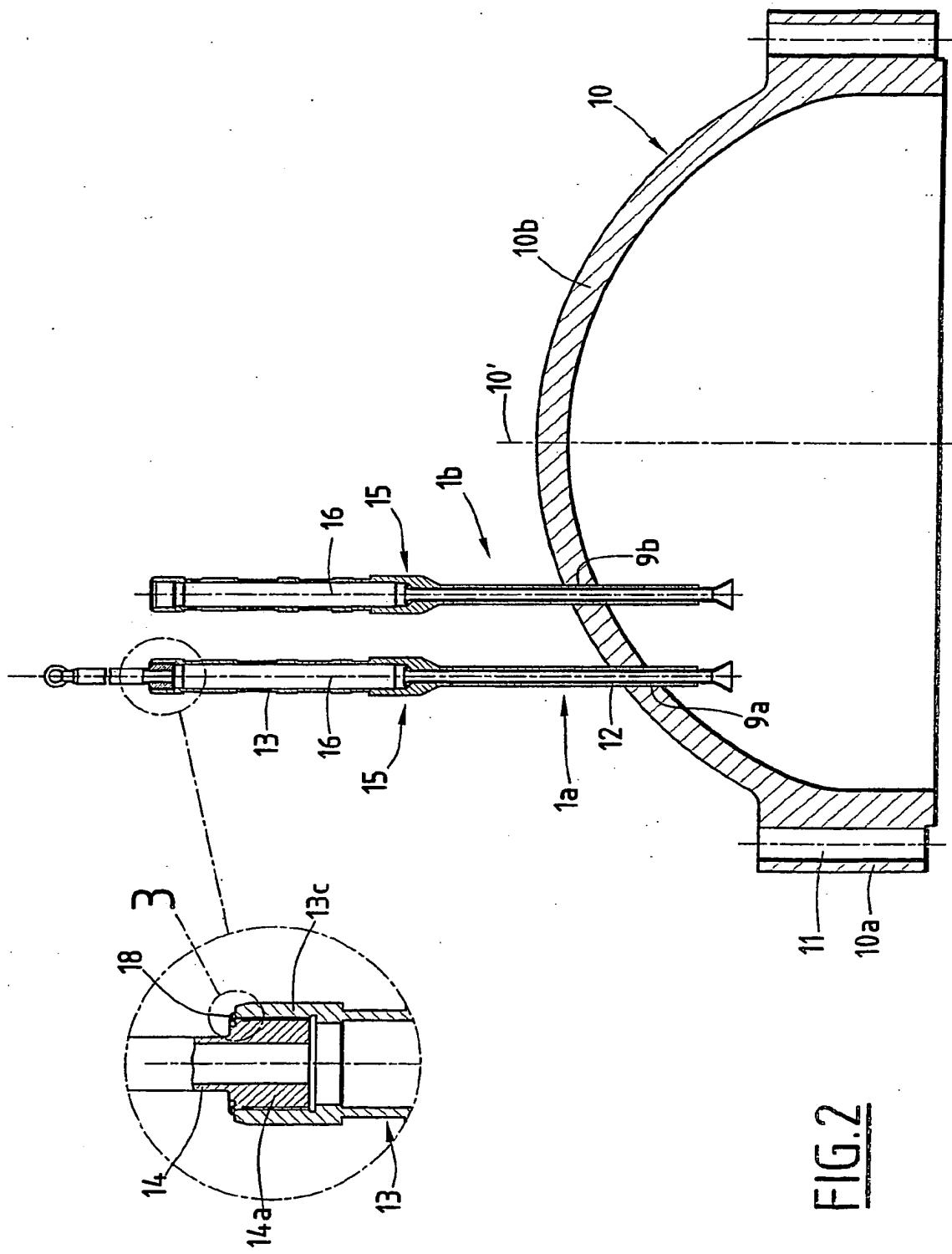
6.- Procédé suivant la revendication 5, caractérisé par le fait qu'on détermine, préalablement à la réalisation du joint de soudure (18), les paramètres du soudage automatique par des opérations d'étalement sur des échantillons.

7.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé par le fait qu'on réalise le joint de soudure (18) par un procédé TIG orbital automatique, c'est-à-dire avec fusion de la pièce en métal d'apport annulaire (21) par une électrode de tungstène sous gaz inerte.



**FIG.1**

2/4

FIG. 2

3/4

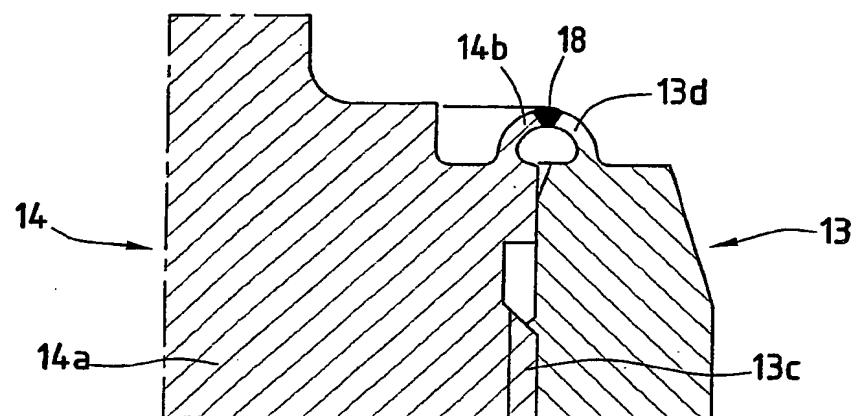


FIG.3

4/4

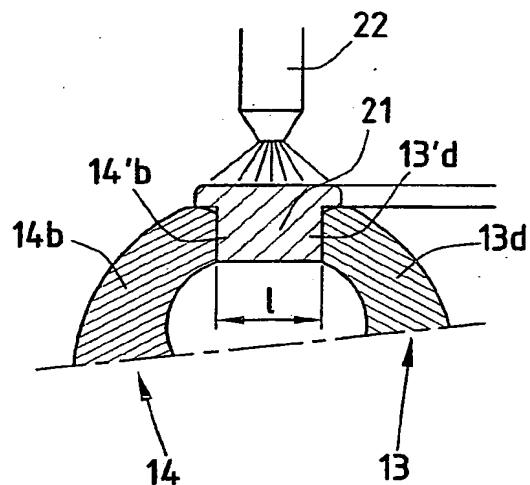
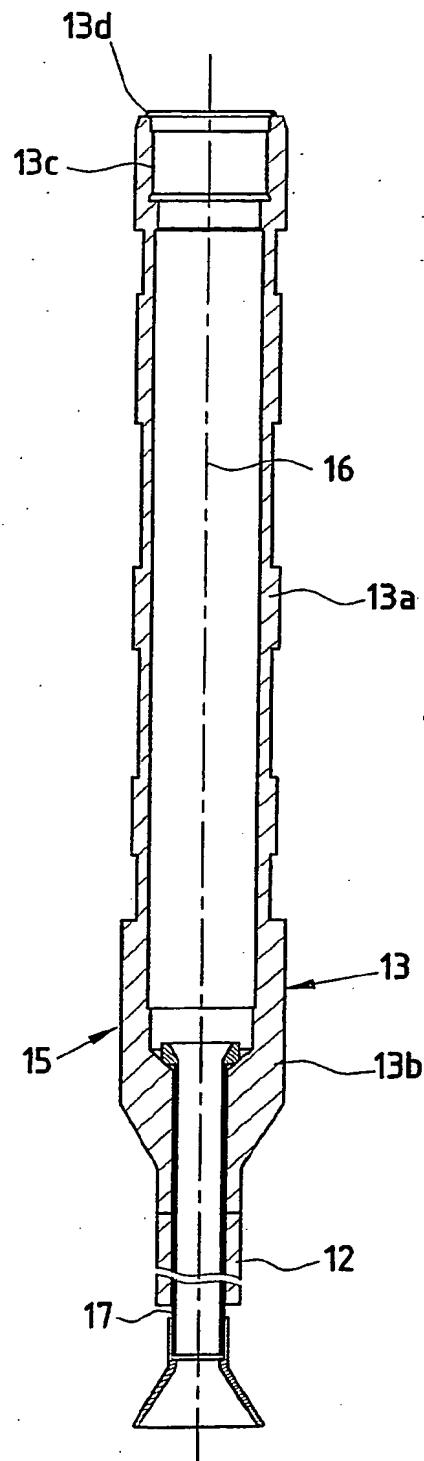


FIG. 5

FIG. 4